第９講　気候変動による分布域の変化

次の文１と文２を読み，ⅠとⅡの各問に答えよ。

〔文１〕

180 万～ 160 万年前頃(注1)に始まり，現在に至る新生代第四紀は，寒冷な時期と温暖な時期が繰り返される，気候変動の大きい時期であった。たとえば，最終［１］はわずか１万数千年ほど前まで続いていた。この気候変動に合わせて，生物は生存に適した気候帯へ，分布域を変化させたと考えられている。その過程で，環境の変化に適応できなかった種や一部の個体群が絶滅したり，分断・隔離された集団が種分化をおこしたり，というようなことがしばしばおこったと推察される。

本州・四国・九州の山岳地帯の樹林には，ルリクワガタ属という小型のクワガタムシの仲間（図１－１）が分布し，現在までに 10 種が記載されている。このうち，図１－２に水平分布を示した種 A，種 B，種 C，種 D は，長らく１つの種として扱われてきた。最近になって，これらの種は近縁ではあるものの，(ア)交尾器（雌雄が交尾する時に結合する部分で，交尾時以外は腹部に格納されている）の形態が互いに異なり，遺伝子の塩基配列等によっても互いに識別できる４種であることが明らかになった。図１－２の分布域は，それぞれの種の分布確認地点の最も外側の点をなめらかな線で結んだものである。

種 A ～種 D の分布域は基本的に重ならない。２種の分布域の間に平地の空白地帯を挟む場合もあるが，生息に適した樹林が連続しているような地域に境界がある場合には互いに隣り合うように分布している。これらの種は気候変動にともなって隔離されて種分化し，その後分布を拡大して，現在のような分布状態になったと推定される。これらの種の分布境界線は，しばしば，図１－３に示したように分水嶺(ぶんすいれい)に近い高地に存在している。そのような境界域を詳しく調べると，幅 1km にも満たない混生地帯をはさんで２種が接している場合がある。したがって，種 A ～種 D は，互いに分布域が接触しても，混ざり合って生息することがない関係だと推定される。

図１－１　ルリクワガタ属の種Ａ（雄）

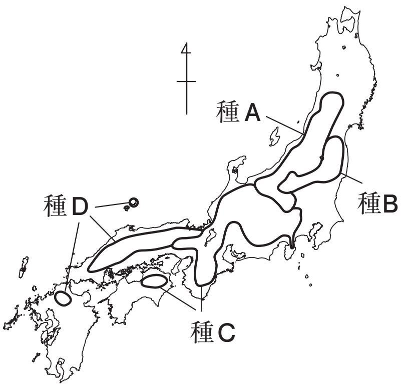

図１－２　種Ａ～種Ｄの水平分布域

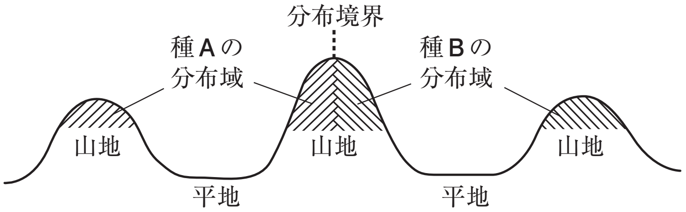

図１－３　種Ａと種Ｂの分布境界付近の模式図。種Ａ～種Ｄの分布境界付近は同様の状態になることが多い。

種Ａ～種Ｄでは，１つの容器に異種の雌雄を入れておくと，しばしば交尾をしようとする。しかし，種間交配では交尾が成立する割合は低く，子ができることも稀で，たとえ雑種個体が生じたとしても，多くの場合，生存能力や生殖能力が低い。このような種間交配のために子孫の数が減少することを「繁殖（生殖）干渉」といい，種Ａ～種Ｄの例のように，近縁な２種が混ざり合って生息することができない原因のひとつと考えられている。

これ以外にも，近縁な種どうしの生息域が隣接しているものの，混ざり合わない現象としては［　２　］が知られ，餌やすみかをめぐる［　３　］を避ける効果があると考えられている。

（注１）2009年になって，第四紀の始まりは約260万年前だとする新しい説が広く認められるようになった。

〔文２〕

オオシラビソという高木に成長する樹木は，本州中部～東北地方の山岳地帯に広く分布する一方で，分布を欠く山も多くみられる。(イ)オオシラビソの生育に適していると考えられる標高の範囲であるにもかかわらず，この種が分布しない理由については，現在の気候条件や，種としての水平分布域の変遷などからさまざまな説が唱えられてきた。しかし，気候的にみて分布が可能ではないかと思われ，周囲にも分布が認められるような山でも，オオシラビソが分布しないこともあり，他にも原因があることが予想されていた。

そこで，本州中部～東北地方の多数の山についてオオシラビソの出現状況を調べる研究が行われた。その結果，オオシラビソの分布する山の頂上の標高と，それらの山でのオオシラビソの分布の下限標高との間に，次のような関係が認められた。**図１－４(A)** の黒丸（●）は，オオシラビソが分布する山の緯度と頂上の標高を示しており，a 線（実線）はそれらの緯度 1° ごとの下限を結んだものである。一方，白丸（○）は，それらの山においてオオシラビソが分布している最低標高の地点の緯度と標高を示しており，b 線（破線）はそれらの緯度 1° ごとの下限を結んだものである。a 線と b 線は，緯度によらず標高差 300 ～ 400m を保ってほぼ平行である。また，(ウ)a 線より頂上の低い山には，その頂上の標高が b 線を超えていても，オオシラビソは全く分布していないことがわかった。オオシラビソのほか，シラビソ，トウヒ，コメツガなどの樹種においても同様の図を作成すると，a 線と b 線は，やはり標高差約 300 ～ 400m をもってほぼ平行になるので，a 線と b 線の標高差はこれらの樹種に共通の特徴であると思われた。

しかし，ハイマツでは，同様の図を作成すると，**図１－４(B)** に示すように，a 線と b 線の標高差はオオシラビソなどにくらべて非常に小さかった。ハイマツは高標高地に生える代表的な低木で，他のマツ類と同様に［　４　］樹としての性質が強く，オオシラビソやトウヒなどの高木は反対に［　５　］樹の性質を示す。

ハイマツは，気候的には許容範囲であったとしても，これらの高木林が優占する場所には生育することがむずかしい。**図１－４(B)** に示すように，ハイマツの分布がしばしば山の［　６　］付近に限られるのは，このような他の高木との関係が影響していると考えられる。ハイマツは一般的にオオシラビソよりも［　７　］な気候に生育するが，両方の種が生育可能な気候の範囲もある。そのような範囲の場所では，［　５　］樹であるオオシラビソが最終的な競争的強者となる。しかし，気候的な制約から高木の生育しにくい［　６　］付近の環境下では，比較的低標高であってもハイマツが生育する場合がある。

(エ)中部地方の山岳地域（標高 1000 ～ 2000m）で地層中の植物の花粉分析（地層の年代を化学的手法で推定し，年代ごとに植物の花粉を同定する）が行われている。その結果，中部地方では，(オ)約 3500 年前にはオオシラビソを含む複数の樹種の垂直分布が現在より約 300 ～ 400m，標高の高い方にずれており，その後，現在の垂直分布に近づいたことが明らかになった。

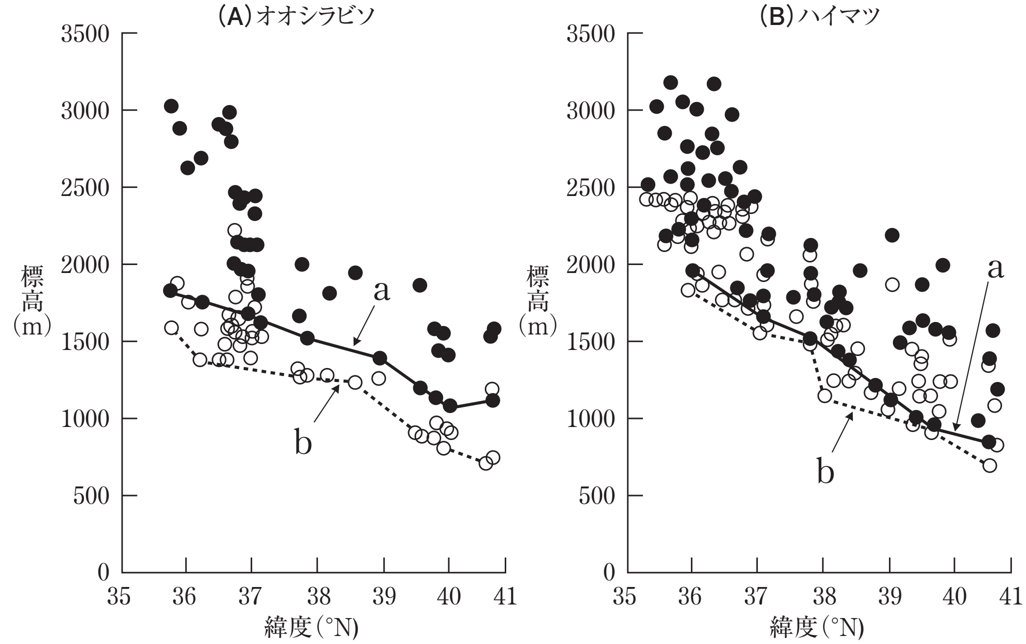

図１－４　樹木の分布する山の頂上の標高と分布下限標高の関係。a 線と b 線は，緯度を35°，36°，・・・というように１°ごとに区切り，それらの間の最低標高の黒丸と白丸を，それぞれ結んだものである。

〔問〕

I　文１について，以下の小問に答えよ。

A　空欄１～３に適切な語を入れよ。

B　下線部(ア)について。昆虫の複数の集団を比較すると，外見が非常に似通っていて生態もよく似ているが，交尾器の形態に明瞭な差のある場合がある。このような集団どうしは通常，別種として扱われる。その理由を，種の概念と関連づけて，2行（70字）程度で述べよ。

C　種Ａ～種Ｄの垂直分布は，おおむね標高500～1500m の範囲にあり，それは，ほぼ１つの植物群系の分布域に相当している。その群系の樹林帯名を答えよ。また，その樹林帯に生育する代表的樹種として適切なものを以下の(1)～(7)からすべて選べ。

(1)　アラカシ　　(2)　ガジュマル　　(3)　ミズナラ　　(4)　シイ
(5)　ブナ　　(6)　タブノキ　　(7)　トドマツ

D　種Ａと種Ｂは，最初はそれぞれ孤立していたが，その後，分布域を接するようになったと考えられる。現在の分布状態から，これらの種の種分化および分布域の形成過程として最も適切なものを，以下の(1)～(4)から１つ選べ。

(1)　寒冷期に，高標高地に孤立して種分化し，温暖期に，低標高地へ向かって分布を広げて現在のようになった。
(2)　寒冷期に，低標高地に孤立して種分化し，温暖期に，高標高地へ向かって分布を広げて現在のようになった。
(3)　温暖期に，高標高地に孤立して種分化し，寒冷期に，低標高地へ向かって分布を広げて現在のようになった。
(4)　温暖期に，低標高地に孤立して種分化し，寒冷期に，高標高地へ向かって分布を広げて現在のようになった。

Ⅱ　文２について，以下の小問に答えよ。

E　空欄**４**〜**７**に適切な語を入れよ。

F　下線部(イ)について。オオシラビソの生育に適していると考えられる気温の範囲であるにもかかわらず，この種が分布しない理由を，以下の(1)〜(5)のように考察してみた。この中から，理由として適切でないものを２つ選べ。

(1)　オオシラビソは，暖温帯の気候下では生育できない。
(2)　オオシラビソは，冬季の積雪量が非常に多い山では生育できない。
(3)　オオシラビソは，強風の吹きやすい山では生育できない。
(4)　オオシラビソは，遷移の途中に多く出現し，極相に達するとほとんど消滅する。
(5)　オオシラビソは，生育に適している気温の範囲全域に，まだ分布を広げられていない。

G　下線部(エ)のような花粉分析は，湿性遷移の過程にある湿地の周辺で掘削を行い，地層中を調査することが一般的であるが，この理由を２行（70字）程度で述べよ。

H　下線部(オ)より推定される，調査地での約3500年前の気候として，最も適切なものを以下の(1)〜(6)から１つ選べ。

(1)　平均気温は，現在より約2℃高温であった。
(2)　平均気温は，現在より約2℃低温であった。
(3)　平均気温は，現在より約4℃高温であった。
(4)　平均気温は，現在より約4℃低温であった。
(5)　平均気温は，現在より約6℃高温であった。
(6)　平均気温は，現在より約6℃低温であった。

I　文２で述べられた一連の研究の結果，下線部(ウ)のようなオオシラビソの分布の特徴には，過去の分布変遷が関わっていると考えられるようになった。下線部(オ)を考慮して，下線部(ウ)のような分布の特徴が生じた理由を２行（70字）程度で述べよ。

第９講

Ⅰ　A　[1] 氷期　[2] すみわけ　[3] 競争

B　種は，他の集団から生殖的に隔離された集団であり，交尾器の形態の明確な差は，交配の不成立に直接つながるため。

C　夏緑樹林，(3)，(5)

D　(2)

Ⅱ　E　[4] 陽　[5] 陰　[6] 頂上　[7] 寒冷

F　(1)，(4)

G　湿性遷移の過程にある湿地では，花粉が土砂と一緒に堆積していく。そのため，年代を反映したまま層状に堆積していき，さらに酸素が少ないため分解が進まず地層中に残りやすい。

H　(1)

I　標高がａより高い山はオオシラビソの過去の分布下限より標高が高く，気温の低下に伴って分布域がそのまま下降した。一方，標高がａより低い山には元々オオシラビソが見られず，気温が低下しても頂上付近に分布できなかった。